

저궤도 위성과 지상국간 접속 환경을 활용한 임무수행능력 지상 검증 시험

이상록*, 구인회**, 임성빈***

Mission Operation Capability Verification Test for Low Earth Orbit(LEO) Satellite by Utilizing Interface Environment between LEO Satellite and Ground Station

Sang-Rok Lee*, In-Hoi Koo**, Seong-Bin Lim***

Abstract

After launch of Low Earth Orbit(LEO) satellite, Initial Activation Checkout(IAC) and Calibration and Validation(Cal & Val) procedure are performed prior to enter normal operation phase. During normal operation phase, most of the time is allocated for mission operation except following up measures to anomaly and orbit maintenance. Since mission operation capability is key indicator for success of LEO satellite program and consistent with promotion purpose of LEO satellite program, reliability should be ensured by conducting through test. In order to ensure reliability by examining the role of LEO satellite and ground station during ground test phase, realistic test scenario that is similar to actual operation conditions should be created, and test that aims to verify full mission cycle should be performed by transmitting created command and receiving image and telemetry data. This paper describes the test design and result. Consideration items for test design are described in detail and result of designed test items are summarized.

초 록

저궤도위성은 발사 이후 초기 운영[1] 및 검보정 단계를 거쳐 정상 운영 단계로 진입한다. 정상 운영 단계에서는 이상 현상에 대한 대응조치[2], 궤도조정 작업 이외의 대부분 기간 동안 지상국으로부터 임무 명령을 수신하고 영상 촬영 및 전송 임무를 수행하게 된다. 저궤도위성과 지상국 시스템이 모두 관여된 임무수행능력은 저궤도위성 프로그램 성공 판단의 핵심 지표이고, 저궤도위성 프로그램 추진 목적과 일치하는 항목이기 때문에 지상 시험 단계에서 철저한 검증을 통해 신뢰성을 확보해야 한다. 지상 시험단계에서 지상국과 위성의 역할을 검증함으로써 임무수행능력에 대한 신뢰성을 확보하기 위해서는 저궤도위성의 실제 운용 상황과 유사한 시나리오를 작성하고 이를 바탕으로 명령을 생성하여 위성에 전달하며, 영상과 건강상태 텔레메트리(Telemetry) 데이터를 수신하는 등의 임무수행 전체 주기에 대한 검증이 필요하다. 이 논문은 저궤도위성과 지상국간 접속 환경을 활용해 수행된 임무수행능력 지상 검증 시험 설계 및 수행 결과에 대해 다룬다. 시험 설계시 고려되어야 할 항목과 이를 바탕으로 설계된 시험에 대해 상세히 서술하고 결과에 대해 정리하였다.

키워드 : 저궤도 위성(Low Earth Orbit Satellite), 지상국(Ground Station), 접속(Interface), 임무(Mission), 초기운영(Initial Activation Checkout), 검보정(Calibration and Validation)

접수일(2014년 9월 5일), 수정일(1차 : 10월 24일), 게재 확정일(2014년 11월 1일)

* 다목적실용위성3A호체계팀/sangrok@kari.re.kr,

** 위성지상시스템개발팀/freewill@kari.re.kr,

*** 다목적실용위성3A호체계팀/sblim@kari.re.kr

1. 서 론

저궤도위성의 임무수행능력은 저궤도위성 프로그램 성공 판단의 핵심지표이다. 따라서 지상 시험 단계에서 철저한 임무수행능력 검증을 통해 신뢰성을 확보하는 것이 매우 중요하다. 지상 시험 단계에서는 임무수행능력 신뢰성 확보를 위한 다양한 시험이 수행된다. 가장 먼저 수행되는 임무수행능력 검증은 지상국 접속 없이 수행되는 위성체 검증이 있다. 이 단계에서는 탑재체[3]와 버스로 구성된 저궤도위성이 설계대로 제작되고 조립되었으며 정상적으로 동작하는지를 확인한다 [4]. 위성체 검증이 완료된 후에는 실제 운용 상황과 유사한 저궤도위성과 지상국간 접속 환경을 활용한 임무수행 능력 지상검증 시험이 이루어진다. 이 단계에서는 지상국 영상촬영 임무 계획 서브시스템(Mission Planning Subsystem)을 활용하여 촬영지역 및 지상 교신 일정을 설정하고 이를 바탕으로 명령을 생성하며 위성에 전송한다. 위성은 수신한 명령을 바탕으로 임무를 수행하며 건강상태 텔레메트리(Telemetry) 및 촬영 영상을 전송하고 지상수신 장비는 이를 수신한다. 실제 임무수행 전체 주기와 유사한 일련의 시험을 통해서 지상국 시스템에서 생성하는 명령 및 송신의 건전성, 위성의 명령 수신 및 영상촬영, 위성의 촬영 영상 및 건강상태 텔레메트리 전송과 지상국 수신 기능이 복합적으로 검증된다. 이러한 임무수행 전체 주기 검증을 위해서는 세부 검증 항목을 선정하고 이를 바탕으로 실제 운용상황과 유사한 임무수행 시나리오를 설계하는 것이 필요하다. 이후 시나리오를 이용해 생성된 명령을 활용하여 시험을 수행해야 한다. 본 논문에서는 저궤도위성과 지상국간 접속 환경을 활용하여 수행된 임무수행능력 지상 검증 시험의 설계 및 수행 결과에 대해 다룬다. 2절과 3절에서는 검증대상 목표 및 이를 바탕으로 설계된 시험 환경과 시나리오에 관해서 서술하며, 4절에서는 수행된 시험의 결과에 대해서 정리하고, 5절에서는 결론을 맺는다.

2. 임무수행능력 검증시험 검증대상 목표

성공적인 임무 수행을 위해서는 지상국 시스템의 영상촬영임무 명령 생성 및 전송 능력과 저궤도위성의 명령 수신 및 처리능력이 필요하다. 또한 저궤도위성의 임무 영상과 텔레메트리 데이터 전송 능력과 지상국 시스템의 수신 능력이 필요하다. 위와 같이 임무수행에는 저궤도위성과 지상국 시스템이 모두 관여되는 만큼 지상국 시스템과 저궤도위성 모두를 종합적으로 검증할 수 있는 목표를 선정함으로써 임무수행능력을 검증하고 이를 통해 신뢰성을 확보 하고자 하였다.

1) 영상촬영모드 선택 : 저궤도위성은 총 2가지의 영상촬영모드를 가진다. 첫 번째는 실시간(Real Time) 이며 두 번째는 녹화(Recording)와 재생(Playback)이다. 실시간은 영상을 촬영함과 동시에 지상국에 전송하는 모드로 촬영 영상을 지상국에 바로 전송할 수 있는 경우 사용된다. 저궤도위성 운용 시 이용 가능한 지상국의 수가 제한적이고 이에 따라 지상국과 위성간 접속 시간이 제한되기 때문에 항상 실시간 모드를 사용할 수는 없다. 따라서 이러한 경우 녹화 모드를 사용하게 된다. 녹화는 촬영과 동시에 지상국에 영상을 전송하기 어려운 경우 촬영 영상을 위성에 저장해 놓고 재생 기능을 사용해 지상국 접속 시 내려 받는 방법이다. 실제 운용에 있어서 2가지 영상촬영 모드가 모두 골고루 사용된다.

2) 촬영영상종류 선택 : 위성에 탑재된 카메라는 총 3가지 종류의 영상을 촬영할 수 있다. 사용자 선택에 따라서 3가지 중 1가지를 선택해서 촬영할 수도 있으며 동시에 모두 촬영할 수도 있다. 이러한 촬영영상종류 선택 기능은 불필요한 종류의 영상촬영으로 인한 전력소모 및 저장 데이터 증가로 인한 저장 공간 낭비와 지상으로의 영상 전송시간 증가를 줄일 수 있기 때문에 검증이 필요하다.

3) 영상송신기 조합 선택 : 촬영영상을 지상으로 전송하기 위한 송신기는 위성에 3개가 탑재된다. 일반적인 경우 3개중 2개를 선택해서 사용하

며, 사용되지 않는 1개는 오류 발생 시 대체품 역할을 한다. 1개의 송신기에 오류가 발생하더라도 정상적인 임무 수행을 위해 1개의 송신기가 대체품 개념으로 탑재된 만큼 3개중 2개를 선택하는 발생 가능한 모든 조합에 대해서 영상이 정상적으로 송신 되는지 검증하는 것이 필요하다. 이를 검증함으로써 영상 저장장치에서 송신기로 영상을 전달하는 경로(Path)와 송신기에서 안테나로 영상이 전달되는 경로도 함께 검증된다.

4) 위성 데이터베이스 : 위성 데이터베이스[5]는 크게 명령(Command), 이벤트(Event), 텔레메트리로 구성된다. 명령은 운용중인 위성에서 사용자가 의도하는 동작을 수행하게 하고 이벤트, 텔레메트리는 위성의 상태를 모니터링 하는 용도로 사용된다. 성공적인 임무 수행을 위해서는 위성 데이터베이스가 명령전송 및 수신에 사용되는 위성 운영 서브시스템(Satellite Operations Subsystem)에 문제없이 탑재 되어야 하며 어떠한 경우라도 위성 운영 서브시스템의 정상적인 동작에 영향을 주어서는 안 된다. 또한 사용자가 의도한 동작 구현 및 위성상태 모니터링을 위한 작업에 부족함이 없어야 한다. 임무 수행에는 소수의 명령이 사용 되지만 명령에 다양한 변수가 포함되어 있고 상당한 복잡도를 가지기 때문에 철저한 검증이 필요하다.

5) 영상 송수신 : 원활한 영상 획득을 위해서는 위성과 지상국의 역할이 모두 필요하다. 위성의 경우 지상국과의 정해진 규약에 따라 촬영 영상을 형식화 한 후 전송하는 능력이 필요하며, 지상국에서는 위성이 형식화해서 전달한 데이터를 수신하고 해제하는 능력이 필요하다. 지상국 시스템에 사용되는 영상수신 장비의 경우 임무수행능력 검증 시험을 통해 위성과의 접속시험이 최초로 이루어지는 만큼 검증된 영상수신 지상시험장비가 수신한 데이터와 비교를 통한 검증이 필요하다. 또한 문서에만 정의 되어있던 형식화 규약 및 암호화 규약을 영상을 송수신 해 봄으로써 검증하는 것이 필요하다.

6) 위성 운영 서브시스템 : 위성 운영 서브시스템은 지상국 시스템의 일부인 임무 계획 서브시스템을 이용해 계획되고 생성된 임무 명령을

위성에 전달하는 역할을 한다. 위성에 전달하는 명령의 경우 위성운영 시스템에서 형식화되며, 한 개의 명령 프레임으로 전달될 수 없는 긴 명령의 경우 전송시간 지연을 고려해 여러 개의 명령 프레임으로 나누어서 전달된다. 또한 위성 운영 시스템은 위성으로부터 수신하는 실시간 텔레메트리, 저장데이터 재생 및 덤프(Dump) 파일 분석(parsing)과 디스플레이 기능을 제공한다. 위성 운영 시 일반 명령을 비롯한 안테나 추적파라미터 파일(Tracking Parameter File), 위성자세 유도파라미터 파일(Guidance Parameter File)등의 긴 명령 전송과 위성의 실시간 상태 모니터링 및 재생 데이터를 활용하는 작업이 빈번하게 일어나는 만큼 철저한 검증이 필요하다.

7) 위성안테나 추적파라미터 파일 생성 : 저궤도위성에 탑재된 임무영상 전송용 안테나의 경우 방사 패턴이 전방향성이 아니다. 따라서 지상국 접속 시 원활한 영상 데이터 송수신을 위해 지상국에 설치된 안테나가 수신하기 적합한 방향으로 위성에 탑재된 안테나를 움직여주는 동작이 필요하며 이러한 동작을 위해 추적파라미터 파일 개념이 고안되었다[6]. 위성안테나는 추적파라미터 파일 데이터에 정의된 대로 방위각(Azimuth) 방향과 높이(Elevation) 방향으로 움직인다. 지상국 시스템에서 생성한 추적파라미터 파일의 올바른 극성 및 정확한 방향 지향은 원활한 영상 수신을 위해 필수적이므로 반드시 검증되어야 한다. 추적파라미터 파일 생성 검증을 위해 촬영지역 선택 시 안테나의 움직임이 크고 명확한 방향을 가지는 지역을 선정하며 추적파라미터 파일 구동시 육안 및 텔레메트리를 통해 안테나의 지향 방향을 확인한다.

8) 위성자세기동 명령 생성 : 저궤도위성은 영상촬영 시 정확한 목표물 지향을 위한 자세기동을 한다. 자세기동을 위한 명령은 유도파라미터 파일을 이용한 방식과 국지(Local Vertical, Local Horizontal) 명령을 이용한 방식이 있다. 유도파라미터 파일을 이용한 방식의 경우 위성의 자세를 연속적으로 변하게 함으로써 입체(Stereo), 다중 지점(Multi Point), 넓은 영역(Wide Area) 등의 다양한 기동을 하게 해준다. 국지 명령의 경우 1개의 목표자세로 위성을 기동시키는 명령으

로써 위성의 자세 쿼터니언(Quaternion)을 포함하고 있다. 목표하는 지역의 영상촬영을 위해서는 유도파라미터 파일이나 국지 명령을 이용한 위성의 자세기동이 반드시 포함된다. 따라서 지상국 시스템에서 생성한 유도파라미터 파일이나 국지 명령의 유효성은 반드시 확인 되어야 한다. 유도파라미터 파일의 경우 지상국 시스템에서 유도파라미터 파일 생성 시 계산한 오류확인 부호(Cyclical Redundancy Check)와 위성에 오류 확인 부호 계산명령을 전송함으로써 산출된 오류확인 부호 및 기타 텔레메트리를 비교함으로써 검증 가능하며, 국지 명령의 경우 수식을 기반으로 계산한 목표자세 쿼터니언과 지상국 시스템이 생성한 명령에 포함된 쿼터니언을 비교한다.

9) 임무 자세기동 절차 : 임무영상 촬영 전후로 자세기동을 위한 위성 모드변경 절차가 수행된다. 모드변경 절차에는 원활한 자세기동을 위해 영상촬영 전후 특정시점에 수행되어야하는 명령이 정의되어있다. 정의되어 있는 명령의 종류는 자세기동을 위한 유도파라미터 파일 및 국지 명령 업로드, 태양지향에서 목표물 지향으로의 자세제어 모드 변경, 위성 자세데이터 저장여부 선택, 특정 자세제어 로직 설정/해제 등이 있다. 이러한 명령들은 지상국 시스템에서 절대시간 명령(Absolute-Time Commands) 형태로 생성되며 이후 위성 운영 서브시스템을 이용해 위성에 전송된다. 임무영상촬영을 위해서는 자세기동이 반드시 포함되기 때문에 지상국 시스템에서 생성한 명령에 자세기동을 위한 명령이 누락되지 않았는지 여부와 절대시간 명령의 시간 간격이 정확하게 설정 되었는지 확인 하는 것이 필요하다.

10) 임무수행 기간 동안의 위성 버스 및 탑재체 건전성 : 임무수행 능력 검증시험 기간 동안 위성체 버스 및 탑재체의 건전성을 모니터 링함으로써, 추후 위성 운용중 문제로 전파될 가능성이 있는 항목을 확인 하는 것이 중요하다. 이러한 모니터링은 위성운영 시스템을 이용한 텔레메트리 및 이벤트 데이터의 실시간 확인을 통해 가능하다. 버스의 경우 전압, 자세제어계 유닛의 정상동작, 텔레메트리 데이터 정상수신 여부 등을 확인 하고, 탑재체의 경우 임무수행 전후로 유닛

이 정상적으로 켜지고 꺼지며 동작하는지 확인 하는 것이 중요하다.

3. 시험설계

3.1 시험 형상

임무수행능력 지상 검증시험 환경 구성은 그림 1과 같다.

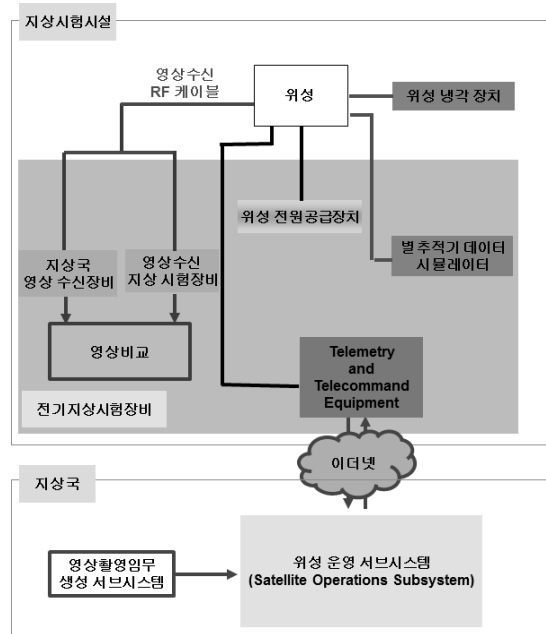


그림 1. 임무수행능력 지상 검증시험 환경

시험환경구성은 크게 지상국, 지상시험시설, 통신 링크(Link)로 이루어진다. 먼저 지상국에는 영상촬영임무 생성 시스템과 명령 및 텔레메트리 송수신을 위한 위성 운영 서브시스템이 위치한다. 지상시험시설에는 저궤도위성과, 저궤도 위성의 동작을 보조하기 위한 전기지상시험장비(Electrical Ground Support Equipment) 등이 위치한다. 버스를 위한 전기지상시험장비의 경우에는 전원공급 장치, 별추적기데이터 시뮬레이터, 냉각기, 위성 운영 서브시스템이 전달한 명령을 우주 데이터 시스템 자문 위원회(Consultative

Committee for Space Data Systems) 형식에 맞게 변환한 후 위성에 전달하는 장치(Telemetry and Telecommand Equipment, TTCE) 등이 있다 [7]. 또한 탑재체를 위한 전기지상시험장비는 영상수신을 위한 지상시험 장비와 지상국 수신 장비가 있고 위성과 RF 케이블을 통해 연결된다. 지상국 시스템에 사용되는 영상수신 장비의 경우 임무수행능력 검증 시험을 통해 위성과의 접속시험이 최초로 이루어지는 만큼 검증을 위해 영상수신 지상시험장비가 함께 연결되었다. 임무수행능력 검증 시험의 경우 실제 운용상황 보다 장시간에 걸쳐 이루어지며 RF 링크 형성을 위한 물리적 제약이 존재한다. 따라서 RF 링크를 통한 검증이 용이하지 않다. 이로 인해 지상국과 지상시험시설 간의 통신 링크 연결은 독립된 이더넷(Ethernet) 망에 의해 이루어지며, RF 링크는 별도의 시험을 통해 검증된다.

3.2 시험 시나리오 설계 및 촬영지역 선정과 임무명령 생성

임무수행능력 지상 검증시험을 위해 설계된 실제 임무수행 전체 주기와 유사한 시나리오는 표 1, 2, 3, 4와 같다. 시나리오는 총 4가지로, 1번과 4번은 실시간, 2번과 3번은 녹화 및 재생 임무로 구성 된다. 영상촬영 모드, 영상촬영 종류, 영상송신기 조합, 영상 송수신, 위성안테나 추적파라미터 파일 생성, 위성자세기동명령 생성 등의 목표 검증을 위한 항목이 시나리오 설계시 반영되었다.

표 1. 시나리오 1

영상 종류	촬영 모드	지상국	자세기동 방법	촬영 방법
3종	실시간	한국	유도 파라미터 파일 (GPF) 명령 기동	스트립 (Strip) 1회
촬영 시간	영상 촬영 시 위성위치	촬영 지역	암호화 여부	송신기 종류
3분	수신 지상국 우측	임의	암호화 수행	1, 2

표 2. 시나리오 2

영상 종류	촬영 모드	지상국	자세기동 방법	촬영 방법
1종	녹화	해당 없음	유도 파라미터 파일 (GPF) 명령 기동	2개 지점
촬영 시간	영상 촬영 시 위성위치	촬영 지역	암호화 여부	송신기 종류
10초	임의	임의	해당 없음	해당 없음

표 3. 시나리오 3

영상 종류	촬영 모드	지상국	자세기동 방법	촬영 방법
1종	2번 시나리오 재생	한국	해당 없음	해당 없음
촬영 시간	영상 촬영 시 위성위치	촬영 지역	암호화 여부	송신기 종류
해당 없음	해당 없음	해당 없음	해당 없음	1, 3

표 4. 시나리오 4

영상 종류	촬영 모드	지상국	자세기동 방법	촬영 방법
2종	실시간	한국	국지 명령 (LVLH) 기동	스트립 (Strip) 1회
촬영 시간	영상 촬영 시 위성위치	촬영 지역	암호화 여부	송신기 종류
임의	임의	임의	해당 없음	2, 3

시나리오를 바탕으로 한반도 접속 상황을 가 정하여 선정된 임무수행지역은 그림 2, 3과 같다. 임무 수행지역 선정 결과를 바탕으로 명령이 생성되었으며, 임무 명령 생성 시에는 시나리오 선정시 반영한 항목 이외에 임무자세기동 절차 세 부 항목이 반영되었다.

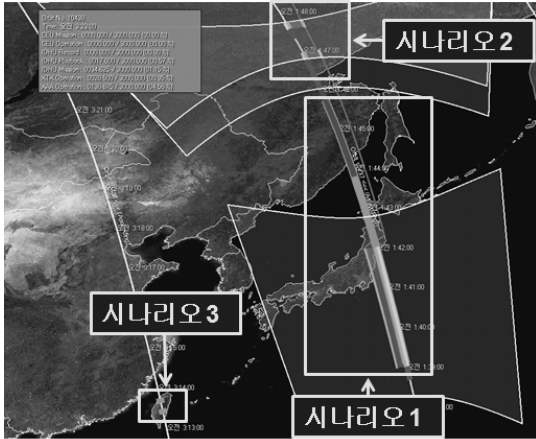


그림 2. 시나리오 1, 2, 3 촬영 지역 선정 결과

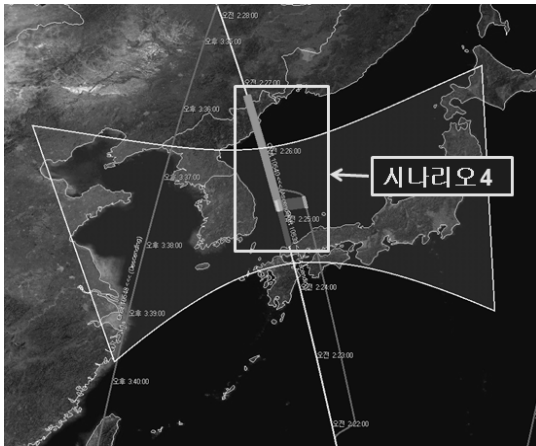


그림 3. 시나리오 4 임무 수행지역 선정 결과

4. 시험 결과

임무수행능력 지상검증 시험은 저궤도위성을 대상으로 수행되었다. 시험 진행 이전 지상시험시설과 지상국간의 통신 링크를 형성했다. 이후 위성에 전원을 인가하고 위성 운영 시스템을 이용해 간단한 명령을 전송하고 수신되는 텔레메트리를 모니터링 함으로써 통신 링크의 정상적인 형성 및 위성의 동작 상태를 확인 했다. 버스 및 탑재체의 유닛을 실제 운용상황과 동일한 대기 상태로 진입시킴으로써 시험을 위한 준비를 완료하고 임무명령을 전송하였다. 임무수행능력 검증시험에 사용된

위성의 안전을 고려해 자세기동을 시뮬레이션 해주는 우주 역할 시뮬레이터를 연결 하지 않았다. 따라서 자세제어계의 경우 자세제어계 유닛의 전원을 인가하고 정상 동작 상태로 진입시킨 이후 임무 수행기간 동안 유닛 동작의 건전성을 모니터링 하는 형태로 시험을 진행 하였고 위성의 구동기 동작을 유발하는 명령은 전송하지 않았다.

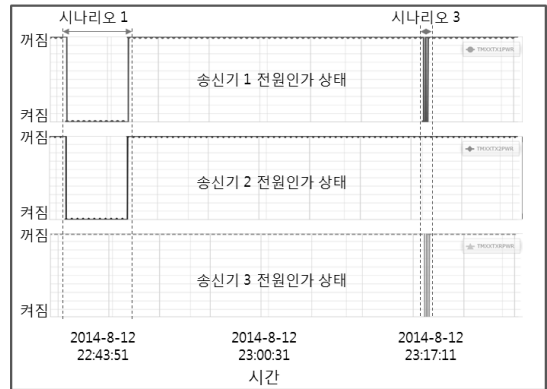


그림 4. 시나리오 1, 3 송신기 선택 결과

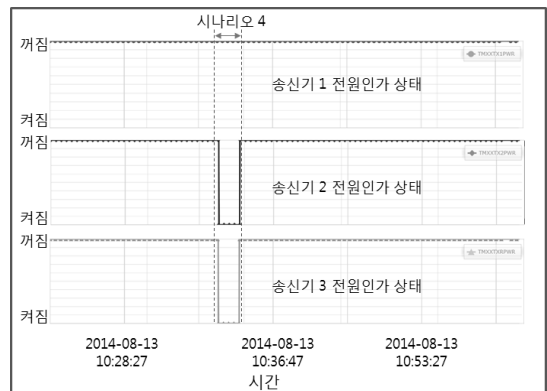


그림 5. 시나리오 4 송신기 선택 결과

4.1 임무수행능력 지상검증시험 목표 검증 결과

영상송신기 조합, 촬영모드선택은 시험도중 임무영상 수신 과정을 통해 검증하였다. 위성에 탑재된 3개의 영상송신기는 다른 송신 주파수를 사용한다. 시험도중 영상 수신 시 영상 수신장비의

스펙트럼 분석기(Spectrum Analyzer)에서 감지되는 수신 주파수와 송신기의 동작상태를 나타내는 텔레메트리 확인을 통해 영상송신기 조합 선택을 검증하였으며 결과는 그림 4, 5와 같다.

촬영모드 검증은 실시간의 경우에는 임무수행과 동시에 영상이 내려오고, 녹화의 경우 수신되는 영상이 없었으며, 재생의 경우 재생 시작 이후 영상이 정상적으로 수신됨과 관련 텔레메트리 확인을 통해 완료하였다. 시험 완료 이후 수신된 영상을 확인하는 과정에서 촬영영상의 종류 선택 및 영상 송수신을 확인 하였다. 지상 시험 시 사용하는 영상 수신장비가 수신한 영상에는 이상이 없었으며, 지상국 시스템에서 사용하는 영상수신 장비의 경우 LHCP 채널의 수신 오류가 발견되어 수신에 사용되는 하드웨어 보완을 위한 조치를 취하였다. 또한 영상 확인과정을 통해 위성과 지상국간 암호화 및 형식화 규약에는 이상이 없음을 확인 하였다.

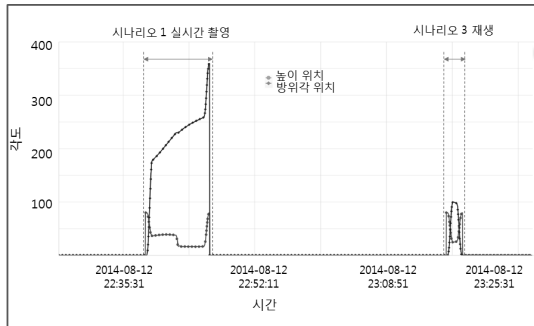


그림 6. 시나리오 1, 3 안테나 추적파라미터 파일 구동 결과

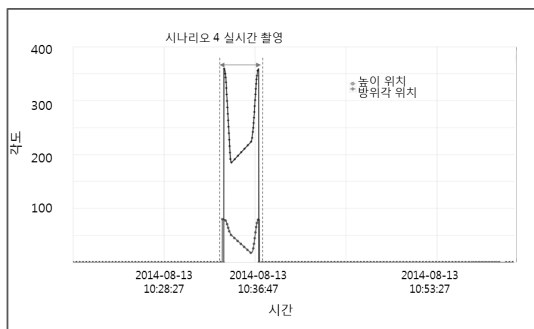


그림 7. 시나리오 4 안테나 추적파라미터 파일 구동 결과

지상국 시스템에서 생성한 위성안테나 추적 파라미터 파일 검증의 경우 추적파라미터 파일 명령이 정상적으로 생성되었음을 위성에 명령을 전송하고 수신되는 이벤트를 통해 확인 하였다. 더불어 추적파라미터 파일 구동명령이 전송된 이후 위성안테나의 움직임은 육안으로 모니터링함과 동시에 방위각 방향과 높이 방향 각도를 나타내는 텔레메트리를 확인했다. 확인결과 생성 시 의도한 구동 방향 및 극성대로 안테나가 정상적으로 지향함을 확인했고 결과는 그림 6, 7와 같다.

위성자세기동 명령 생성은 국지 명령의 경우 지상시스템에서 생성한 쿼터니언과 수식을 바탕으로 계산 값이 일치함을 확인했고 유도파라미터 파일의 경우 생성된 유도파라미터 파일명령을 위성에 전송하고 오류확인 부호 및 관련 텔레메트리를 확인함으로써 검증을 완료했다.

지상국 시스템의 임무자세기동 절차 명령 생성은 지상국 시스템에서 생성한 명령 및 절대시간 명령의 시간 간격을 위성 모드변경 절차 권고 사항과 비교함으로써 검증했다.

마지막으로 위성 데이터베이스와 위성운영시스템, 임무수행 기간 동안의 위성 버스 및 탑재체 건전성 확인은 시험을 진행 하면서 임무명령을 전송하고 이벤트와 텔레메트리를 수신하며 건전성을 확인하는 일련의 과정을 통해 검증했다.

5. 결 론

본 논문에서는 저궤도위성과 지상국간 접속 환경을 활용한 임무수행능력 지상 검증시험의 설계와 수행 결과에 대해서 정리하였다. 저궤도위성의 임무수행능력 검증시험 목표 선정과 이를 바탕으로 작성된 실제 임무수행 전체 주기와 유사한 시나리오에 대해 자세히 언급했다. 또한 시나리오를 바탕으로 촬영 지역 및 접속 일정을 선정하고 이를 이용해 임무명령을 생성했음을 보였다. 마지막으로 생성된 명령을 이용해 시험을 수행하고 목표에 대한 검증을 성공적으로 완료했음을 시험 결과 분석을 통해 보였다. 이 논문은 저궤도위성의 성공적인 임무수행에 필요한 요소

에 대한 이해와 추후 다른 프로그램에서 수행될 수 있는 임무수행능력 지상 검증시험에 도움을 줄 것이라 생각한다.

참 고 문 헌

1. 전문진, 권동영, 김대영 “저궤도위성의 본체 초기 점검”, 항공우주기술 제11권 2호, 2012, pp33-38
2. 이상록, 전현진, 전문진, 임성빈, “저궤도위성의 전력계 및 자세제어계 고장 관리 설계 검증시험”, 항공우주기술 제12권 제2호, 2013, pp14-23
3. 용상순, 신상윤, 최해진, “다목적실용위성3호 탑재체의 시스템 설계”, 항공우주기술 제17권 제2호, 2008, pp48
4. 윤영수, 조승원, 허윤구, 최종연, “저궤도 위성 종합 시스템 시험”, 한국우주과학회보 제19권 1호, 2010, pp63
5. 이나영, 김대영, 김규선, “위성의 데이터베이스 관리 프로그램 설계”, 한국우주과학회보 제 19권 2호, 2010, pp57
6. 최수진, 정옥철, 백현철, 김용기, 정대원, “저궤도 위성 셀 생성을 위한 다항식 차수 분석”, 한국우주과학회보 제18권 1호, 2009
7. 윤영수, 권재욱, 최종연, “저궤도 위성 원격측정 명령계 시험장비”, 한국우주과학회보 제16권 1호, 2007